

# Origins

2021.11.15  
ELSI通信  
vol.

東京工業大学  
地球生命研究所

ELSI  
EARTH-LIFE SCIENCE INSTITUTE  
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# 9

特集 With the topics of Deep Earth and Deep Space



## 生命を軸に幅広く研究を展開するELSI

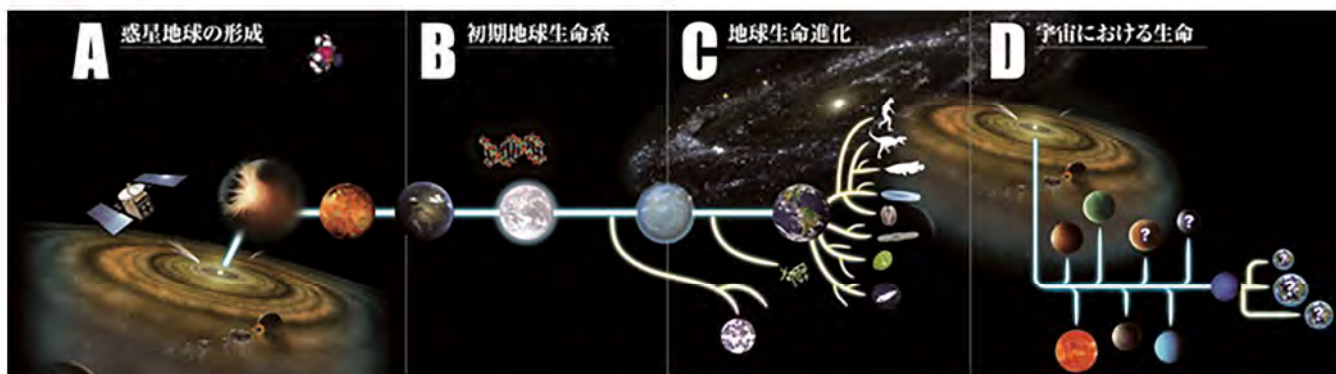
地球生命研究所（ELSI）は設立10年目を迎えます。ELSIは設立以来、「生命はどこで生まれ、どのように進化してきたのか」という、人類が長年抱き続けてきた謎を解き明かすことに挑んでいます。その起源を含めて、生命を根本から理解するためには、生物学の知識だけでなく、生息環境である惑星の形成や環境、生命現象の根幹をなす化学反応など、たくさんの知識が必要になります。

そのため、ELSIは地球科学、生命科学、惑星科学など、様々な分野の専門家たちが集い、分野横断的な研究をおこなってきました。生命を様々な分野から多角的に研究している機関は、

国内はもとより、世界的にも類を見ない珍しい存在です。そのような研究体制を構築していることもあり、設立から現在までで発表した論文の数は1000本を越えています。

今号では地球奥深くに位置するマントル最下部の鉱物を特定し、地球科学に大きな影響を与えた廣瀬敬と土星衛星のエンケラドス内部に熱水環境があることを発見し、太陽系天体で生命存在の可能性を探る関根康人のインタビューをお届けします。2人のインタビューから、地球深部（Deep Earth）から深宇宙（Deep Space）までをカバーするELSIの研究領域の幅広さを感じることでしょう。

## ELSIの研究分野



# 地球深部の物質から 地球の歴史を探る

廣瀬 敬

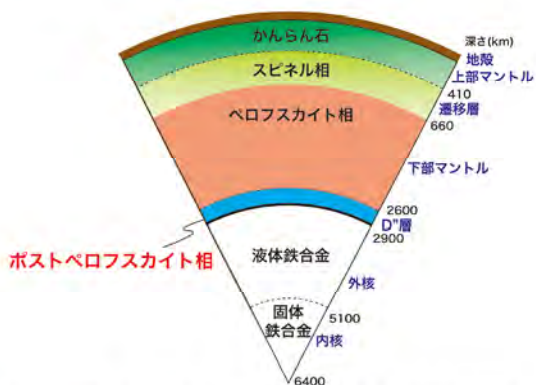
所長、教授（高压地球科学）

人間にとって地球はとても大きなものです。地球上に暮らしているというものの、中心に近い部分はどうなっているのかは直接見ることはできません。その謎を解明するのに活用されているのが超高压実験です。超高压実験で廣瀬はマントル最下層の鉱物や地球中心部の鉄の結晶構造などを明らかにしてきました。

地球科学を学ぶ最初のきっかけは、大学の成績が悪いことでした。私の入学した大学では3年生から学科を選択するのですが、成績がよくなって選択できる学科が限られていました。その中で、もともと旅行が好きで、フィールドワークに興味があった地学を選択したのです。ただ、実際にフィールドワークに出てみたら、自分には向かないことがわかってきて、実験に特化するようになりました。

大学院生のときはマグマをテーマに研究をして博士号を取得しました。研究者として独り立ちしたときに、次の研究テーマをどうするか悩みました。そして、考えた末に、当時、世界的に見て誰もやっていなかったマントルの最下層に目をつけたのです。

地球は地表から中心部まで6378kmもの深さがあり、その大部分がマントルで構成されています。大学院生のときに扱っていたマグマは地球内部の話ではありますが、限りなく表層に近い場所の話です。地表に近い場所で起こることはたくさんの人たちが既に研究していたので、私はまだ誰も手をつけていない、コア（核）とマントルの境界にあたる最下層のマントルについて研究しようと考えたのです。



地球の内部構造。青い部分がマントルの最下層で、ポストペロフスカイトによって構成されていた。

地球内部は高い圧力がかかっていて、温度も高くなっている超高压高温状態です。そのため、地球上で最も硬い物質であるダイヤモンドを使って超高压状態をつくり出すダイヤモンドアンビルセルという装置を使い、地球内部の状態を再現しています。アメリカで実験手法を学び、1998年頃から本格的に実験をはじめ、試行錯誤の末に2002年にマントル最下層の環境である125万気圧、2500K（ケルビン）の圧力と温度の実現に成功しました。



INTERVIEW 01

下部マントルの主成分はケイ酸マグネシウムのペロブスカイトという鉱物でできていると考えられていました。しかし、ケイ酸マグネシウムの試料にマントル最下層の圧力と温度をかけてみると、ペロブスカイトとはまったく違う結晶構造の鉱物であるポストペロブスカイトが現れました。

ペロブスカイトは3次的に対称性の高い構造をしていて、とても固くて変形しにくい鉱物です。ポストペロブスカイトは層状の結晶構造をしていて、柔らかく変形しやすいのです。

マントル最下層では、コアの熱によって温められたマントルが上昇流をつくるのですが、ポストペロブスカイトが柔らかい鉱物であることから、それまで考えられていた以上に上昇流が活発に発生することがわかりました。これはコアがより速く冷えることを意味するので、地球やマントルの熱進化も大きく見直されました。

2010年4月には地球の中心部の環境である364万気圧、5000Kを再現することに成功し、現在はコアの化学組成について研究を進めています。コアの主成分は鉄ですが、水素、炭素、酸素、ケイ素、硫黄などの軽い元素が不純物として混ざっています。それらの軽い元素がどのくらいあるのかが知りたいのです。

コアの化学組成がわかると、マグマオーシャンが固まり、地球ができあがった時点で地球にあった物質が明らかになりますし、その時点を中心に、地球の成長史もより詳しく理解できるはずです。それがわかってくると、少なくとも太陽系の岩石惑星の形成についての理解が進むと期待しています。



実験試料は直径が数十～100 μmほど、厚み10 μm以下。得られる鉱物はとても小さいが、電子顕微鏡で組織をしっかり観察でき、化学平衡に至るのが簡単という利点もある。

# 地球外生命を探る 新たな生命学の創設を

関根 康人

副所長、教授（惑星科学、アストロバイオロジー）

1990年代末から新しい学問としてスタートしたアストロバイオロジー。研究が進むにつれて、太陽系の中にも生命の存在が期待される天体がいくつか出てくるようになりました。地球外生命を発見するためには、どのような道筋が必要なのでしょう。



INTERVIEW 02

アストロバイオロジーは直訳すると宇宙生物学となります。一言でいうと、この宇宙における生命の存在可能性を明らかにする学問です。地球外生命が存在する可能性は19世紀以降、たびたび語られてきましたが、科学の領域としてしっかりと議論されるようになったのは、20世紀の終わり頃でした。

南極で発見された火星からの隕石の中に、生命の化石に見える鎖状の構造物が発見されたのです。その構造物が生命の化石であるかは、非常に大きな議論を巻き起こしましたが、未だに決着していません。この出来事をきっかけとして、地球外で生命を探したり、確認したりすることが科学の大きな目標となったのです。

惑星科学は様々な天体の近くに探査機を送り、詳しい情報を得ることで発展してきました。最初は地形などを調べる地質学的な探査が先行しました。その後、重力や磁場などを測定する物理探査が実施されるようになり、それぞれの天体の詳しい様子がわかるようになりました。

しかし、地質学的な情報や物理的な情報が集まっても、その天体に生命がいるかどうかを判断することはできません。火星の大地では、川や湖など、過去に液体の水が流れた痕跡が発見されています。そのような地形があることがわかっても、そのとき流れていた水の水質や溶けていた有機物の種類などはわかりません。

生命体は化学反応によって自分の体を維持し、活動していきます。そのため、生命を発見するためには、それぞれの天体の化学的な情報の収集が不可欠です。実際、2000年代に入り、太陽系の惑星などでは化学探査が広がってきました。

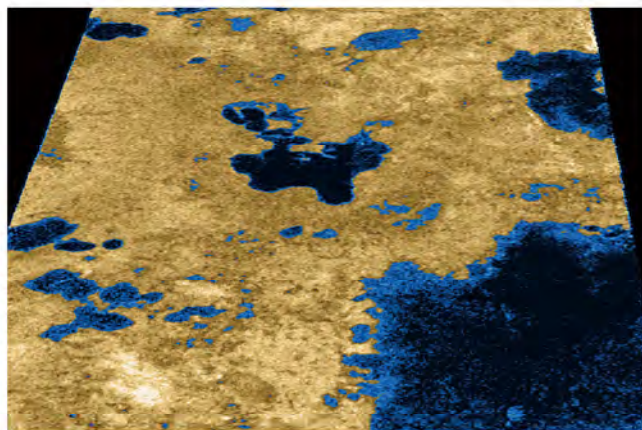
例えば、2006年に土星探査機カッシーニは、土星の衛星タイタンの地表にメタンの湖があることを発見しました。しかし、タイタンの表面に液体のメタンができるしくみはわかりませんでした。私は大学院生のときにこの謎に挑み、タイタンを取りまく窒素とメタンの大気中につくられる有機物のエアロゾルが地表の温度を調節して、メタンの海の維持に役立っていることを明らかにしました。

また、2005年にはカッシーニが別の土星衛星であるエンケラドスの亀裂から何かが噴出している様子をとらえました。噴出物を分析してみると大部分が水だったのですが、その中に有機物やナノシリカと呼ばれる微細な二酸化ケイ素の粒子があることがわかりました。

当時、なぜ、エンケラドスでナノシリカがつけられるのか、その意味やメカニズムは誰もわかりませんでした。私は氷で覆われたエンケラドスの内部に熱水の海があるためにナノシリカができるのではないかと考え、NASA（アメリカ航空宇宙局）の研究者たちと共同で、そのことを証明しました。

この10年間で、太陽系天体の化学探査が進みました。それぞれの天体の化学的な知識をさらに深めていき、惑星の化学的な環境と生命の関係を論じる「惑星生命学」のような学問をつくる必要があると感じています。

火星では岩石のサンプルを地球に持ち帰り、より詳しく分析するサンプルリターン計画が始まっています。順調にいけば2030年代に火星のサンプルが地球に到着します。それまでに、新しい生命学を準備して、万全の状態ですべてのサンプルの分析ができればと考えています。



探査機カッシーニの観測データから得られたタイタン表面にできたメタンの湖の様子。（画像提供：NASA/JPL-Caltech/USGS）



表面の亀裂から氷の粒などを噴出するエンケラドス。（画像提供：NASA）

## ELSI Life Style

# メリハリをつけ、 平日は研究に集中

## 西川 将太

博士課程 1年

ふだん、あまり語られることのない大学院生たちの生活。ELSIの学生がどのような生活を送り、研究に取り組んでいるのか、語ってもらいました。



私は宇宙生物学と合成生物学を組み合わせ、生命の起源解明に挑む研究グループに所属しています。合成生物学は生命機能を人工的にデザインするなどして、生命を理解する学問で、「つくって調べる生物学」といえます。私たちの研究グループでは過去に存在したであろう分子や、地球外のハビタブル環境に存在しうる高分子を実験室内で創り出し、その機能や分子間の相互作用を調べることで生命の起源に迫っています。

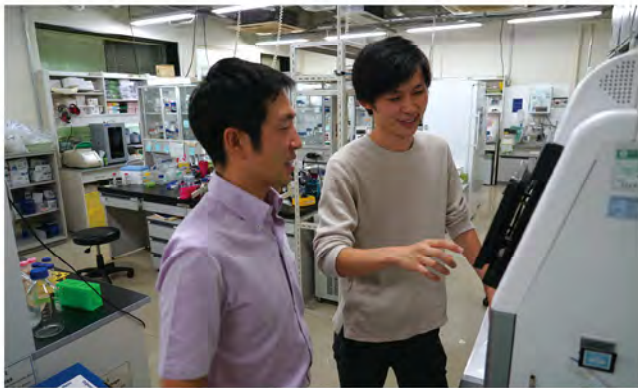
私はキャンパスの近くに住んでいて、自転車で通学しています。博士課程の学生はあまり授業がないので比較的自由に予定を組むことが可能で、私は朝9時くらいに研究室に来ますが、午後から顔を出す学生もいます。

研究室でははっきりと決まったスケジュールは、週1回のグループミーティングと輪読会、隔週で海外の共同研究者とのミーティングくらいです。それ以外は、19時くらいまで淡々と研究をしていることが多いです。ELSIの研究室は他の研究

グループと共同利用する形となっているので、グループの垣根を越えて、いろいろな人たちとワイワイと話しながら研究を進めることができ、とても充実しています。海外出身者も多く、日本にいながら、日々いろいろな国の文化や価値観、考えに触れることができるのは、ELSIの大きなメリットだと思います。

平日は朝から晩まで研究漬けの日々ですが、土日はしっかりと休みを取り、私生活を楽しんでいます。最近は外出する機会が少なくなってしまいましたが、休日は友人とキャンプに出かけたり、映画を見たりして過ごすことが多いです。休日にリフレッシュした分、平日は集中して研究に取り組むことができると思います。

学位取得後は海外で研究を続け、アカデミックポストに就きたいと考えています。そして、最先端の研究に取り組み、世界を驚かすような発見をしたいですね。



指導教員の藤島とゲル画像解析装置の結果を確認。



タンパク質の分離・精製実験。

〔発行〕東京工業大学 地球生命研究所 (ELSI: Earth-Life Science Institute)

〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1-IE-1

TEL: 03-5734-3414 E-mail: [information@elsi.jp](mailto:information@elsi.jp)

ELSI website: <http://www.elsi.jp/>

Follow ELSI on Twitter: @ELSI\_origins

Facebook: @ELSlorigins

取材・文/荒船良孝 撮影/竹本宗一郎 デザイン/ライトラボ

公式ウェブサイトやSNSで、より詳しい情報をお届けします。

ELSI website



Twitter



Facebook

